

PUB-NO: DE019849698A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: **DE 19849698 A1**

TITLE: Silencer for engine running at  
constant revs.,  
consisting of tube with exhaust gas  
input and output  
apertures, between which are two  
connecting points joined  
by bypass

PUBN-DATE: May 4, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

PFEIFER, ANDREAS

COUNTRY

DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

PFEIFER ANDREAS

COUNTRY

DE

APPL-NO: DE19849698

APPL-DATE: October 28, 1998

PRIORITY-DATA: DE19849698A ( October 28, 1998)

INT-CL (IPC): F01N001/02, F01N001/20

EUR-CL (EPC): F01N001/06 ; F01N001/02, F01N001/20

## ABSTRACT:

The silencer consists of a tube (1) with exhaust gas input aperture (2) and output aperture (3). Between these there are two connecting points (4, 5) linked by a bypass tube (6). The difference between the bypass tube length and the tube length between the connecting points corresponds to an uneven number of half wavelengths of the sound to be damped.



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 49 698 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 01 N 1/02**  
F 01 N 1/20

②① Aktenzeichen: 198 49 698.2  
②② Anmeldetag: 28. 10. 1998  
②③ Offenlegungstag: 4. 5. 2000

**DE 198 49 698 A 1**

⑦① Anmelder:  
Pfeifer, Andreas, Dipl.-Ing., 35630 Ehringshausen,  
DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Wolf, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 63456 Hanau

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

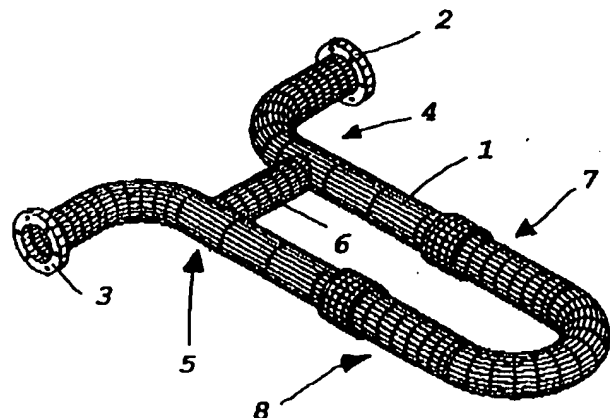
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE-PS	5 17 637
DE	25 19 690 A1
US	35 68 791
US	16 01 884

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ **Schalldämpfer**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen Schalldämpfer für mit konstanter Drehzahl laufende Verbrennungsmotoren, deren schallzudämpfendes Abgas auch tieffrequente Schallanteile einer im wesentlichen konstanten Wellenlänge aufweist, insbesondere zur Schalldämpfung bei dezentralen Blockheizkraftwerken. Nach der Erfindung ist vorgesehen, daß der Schalldämpfer aus einem Rohr (1) mit einer Abgasein- (2) und einer Abgasaustrittsöffnung (3) besteht, wobei zwischen diesen beiden Öffnungen (2, 3) im Rohrverlauf zwei Anschlußstellen (4, 5) angeordnet sind, die über ein Bypassrohr (6) miteinander verbunden sind, die über ein Bypassrohr (6) miteinander verbunden sind. Ferner entspricht der Differenzbetrag zwischen der Bypassrohrlänge und der Rohrlänge zwischen den beiden Anschlußstellen (4, 5) gerade einem ungeradzahlig Vielfachen der halben Wellenlänge des zu dämpfenden Abgasschalls.



**DE 198 49 698 A 1**

Die Erfindung betrifft einen Schalldämpfer insbesondere für mit konstanter Drehzahl laufende Verbrennungsmotoren als Teil dezentraler Blockheizkraftstationen gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

- 5 Derartige Schalldämpfer kommen insbesondere zur Abgasschalldämpfung der Antriebskomponente von sogenannten dezentralen Blockheizkraftstationen oder Notstromaggregaten zur Verwendung, wie sie bspw. in Baulichkeiten, wie Kliniken, Erholungszentren od. dgl. installiert werden. Solche kleinen "Blockheizkraftwerke" bestehen aus einem von einem Verbrennungsmotor angetriebenen Generator. Wirtschaftlich sind solche dezentralen Blockheizkraftstationen insofern, als der vom Generator erzeugte Strom und auch die Abwärme des Verbrennungsmotors genutzt werden können.
- 10 Unerwünscht bzw. nachteilig ist allerdings dabei die vom Verbrennungsmotor ausgehende Lärmbelästigung, die mittels der genannten Schalldämpfer möglichst reduziert werden soll.

- Bisher werden dafür Schalldämpfer bspw. nach der DE 35 09 033 verwendet, bei denen es sich um aus dem Fahrzeugbau bekannte, sogenannte Reflexionsschalldämpfer handelt, die geeignet sind, breitbandige Signale zu dämpfen. Nachteilig verursacht die Schalldämpfung aber aufgrund des bei diesen Schalldämpfern relativ hohen Druckverlustes (Abgasgegendruck) gleichzeitig auch eine Leistungsminderung der jeweiligen Blockheizkraftstation.
- 15 Bezüglich der Schalldämpfung ist ein anderer, nachteiliger Faktor noch wesentlicher, nämlich der, daß beim drehzahlkonstanten Betrieb eines Verbrennungsmotors ein tieffrequenter Einzelton entsteht, dessen Frequenz gleich der Zündfrequenz des Verbrennungsmotors ist. Dieses tieffrequente Geräusch, das je nach Drehzahl und Anzahl der Zylinder etwa im Bereich zwischen 50 und 300 Hz liegt, kann mit dem vorerwähnten Reflexionsschalldämpfer nur mit den oben erwähnten Einschränkungen oder einem Absorptionsschalldämpfer von in der Regel nicht vertretbarer Baulänge reduziert werden.
- 20 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht demgemäß darin, einen baulich möglichst einfachen Schalldämpfer zu schaffen, mit dem im Rahmen der Schalldämpfung von mit konstanter Drehzahl betriebenen Verbrennungsmotoren insbesondere tieffrequente Schallanteile wirkungsvoll reduzierbar sind.

- 25 Diese Aufgabe ist mit einem Schalldämpfer der eingangs genannten Art gemäß der im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 genannten Merkmale gelöst.
- Der der erfindungsgemäßen Lösung der Aufgabe zugrundeliegende Gedanke besteht darin, den Abgasstrom in zwei Teilströme aufzuteilen, wobei ein Teilstrom des Abgases abgezweigt und derart umgeleitet wird, daß sich bei Wiederzusammenführung der Teilströme die Schallwellen der beiden Teilströme gegenseitig aufheben. Dies ist möglich, wenn die Differenz von Bypass- und Rohrlänge zwischen den beiden Anschlußstellen gerade einem ungeradzahigen Vielfachen der halben Wellenlänge des zu dämpfenden Abgasschalls entspricht. Konstruktiv schlägt sich dies in einem aus einem Rohr mit Abgaseintritts- und Abgasaustrittsöffnung bestehenden Schalldämpfer nieder, bei dem zwischen den beiden Öffnungen im Rohrverlauf zwei durch einen Bypass verbundene Anschlußstellen angeordnet sind, wobei das, was hier und nachfolgend als Bypass bzw. Bypassrohr bezeichnet ist, den direkten und kürzeren Weg des Abgases von der Einlaß- zur Auslaßöffnung darstellt.
- 30 Die Maßgabe, daß der Differenzbetrag einem ungeradzahigen Vielfachen der halben Wellenlänge des zu dämpfenden Abgasschalls entsprechen soll, ist mathematisch gleichbedeutend mit

$$\Delta l = (2m + 1) \frac{\lambda}{2},$$

40

wobei  $\Delta l$  der Differenzbetrag,  $l$  die Wellenlänge des Abgasschalls und  $m = 0, 1, \dots, n$  ist.

- Eine vorteilhafte Weiterbildung des Schalldämpfers besteht darin, daß das Rohr des Schalldämpfers den gleichen Querschnitt wie der Bypass bzw. das Bypassrohr aufweist. Damit ist sichergestellt, gleiche Strömungsgeschwindigkeiten beider Teilströme vorausgesetzt, daß gleiche Abgasvolumenströme aufeinander treffen.
- 45 Eine andere vorteilhafte Weiterbildung besteht darin, daß das Rohr des Schalldämpfers u-förmig gebogen ausgebildet ist und somit zwei Schenkel mit jeweils einer Anschlußstelle aufweist, die über den Bypass miteinander verbunden sind.

- Ferner ist vorteilhaft vorgesehen, daß entweder die Rohrlänge zwischen den beiden Anschlußstellen oder die Bypassrohrlänge teleskopartig verstellbar ist. Damit kann nach Festlegung des Betriebspunktes des Verbrennungsmotors die erforderliche Länge des Rohres (wie bei einer Posaune) eingestellt werden, wobei zu beachten ist, daß die sich einstellende Wellenlänge des Abgases u. a. auch eine Funktion der Abgastemperatur ist.
- 50 Vorteilhaft besteht das teleskopartige Rohr aus zwei ineinander geschobenen Einzelrohren. Das äußere Rohr weist dabei ein Außengewinde auf, auf das eine Überwurfmutter aufgeschraubt ist, die an ihrem einen Ende ein zum Außengewinde passendes Innengewinde aufweist und an ihrem anderen Ende durchmessergleich zum inneren Rohr ausgebildet ist, wobei zwischen dem Rohrende des äußeren Rohres und der Überwurfmutter eine auch mit dem inneren Rohr in Kontakt stehende Dichtung angeordnet ist.
- 55 Bevorzugt wird eine ebenfalls noch näher zu erläuternde Ausführungsform des Schalldämpfers nach den Ansprüchen 7 bis 9, die nach dem gleichen Interferenzprinzip arbeitet und die vorteilhaft mit einer kompakten und uniaxialen Bauweise zu verwirklichen ist.

- Um bei einer dezentralen Blockheizkraftstation auch das oben erwähnte höherfrequente Rauschen möglichst zu reduzieren, ist schließlich vorteilhaft vorgesehen, daß der erfindungsgemäße Schalldämpfer, der auch als Interferenzschalldämpfer bezeichnet werden kann, in Kombination mit einem an sich bekannten Absorptions- oder Reflexionsschalldämpfer verwendet wird.
- 60 Der erfindungsgemäße Schalldämpfer und dessen vorteilhafte Weiterbildungen werden nachfolgend anhand der zeichnerischen Darstellung von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 in Seitenansicht einen u-förmig ausgebildeten Schalldämpfer mit Bypassrohr;

Fig. 2 perspektivisch den Schalldämpfer gemäß Fig. 1;

Fig. 3 in Seitenansicht einen Schalldämpfer gemäß Fig. 1, aber mit posaunenartig verstellbarem Rohr;

Fig. 4 perspektivisch den Schalldämpfer gemäß Fig. 3;

Fig. 5 im Schnitt einen Teil des teleskopartig ausgebildeten Rohres und

Fig. 6 schematisch und im Schnitt die bevorzugte Ausführungsform des Schalldämpfers.

In den Fig. 1 und 2 ist ein Schalldämpfer dargestellt, der zur Schalldämpfung von mit konstanter Drehzahl laufenden Verbrennungsmotoren dient, also hier insbesondere zur Schalldämpfung von dezentralen Blockheizkraftstationen, von denen der Verbrennungsmotor selbst ist nicht dargestellt ist. Das über die Eintrittsöffnung 2 in den Schalldämpfer einströmende Abgas hat u. a. und wie erwähnt auch tieffrequente Schallanteile von im wesentlichen konstanter Wellenlänge  $\lambda$ , die es insbesondere zu dämpfen gilt.

Wesentlich ist nun, daß der Schalldämpfer aus einem Rohr 1 mit einer Abgasein- 2 und einer Abgasaustrittsöffnung 3 besteht, wobei zwischen diesen beiden Öffnungen 2, 3 im Rohrverlauf zwei Anschlußstellen 4, 5 angeordnet sind, die über einen Bypass bzw. ein Bypassrohr 6 miteinander verbunden sind, wobei der Differenzbetrag  $\Delta l$  zwischen der Bypassrohrlänge und der Rohrlänge zwischen den beiden Anschlußstellen 4, 5 gerade einem ungeradzahlgigen Vielfachen der halben Wellenlänge  $\lambda$  des zu dämpfenden Abgasschalls entspricht.

Schallwellen sind Longitudinalwellen, deren Wellenlänge  $\lambda$  mit Hilfe der folgenden Gleichung bestimmbar ist [siehe Hering, Ekbert: Physik für Ingenieure, 3. Auflage, Seite 384 und 389, VDI-Verlag 1989]:

$$\lambda = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{\chi p}{\rho}} = \frac{c}{f}, \quad c = c_{20} \sqrt{1 + \frac{(t - 20)}{273}},$$

wobei  $f$  die Frequenz,  $\chi$  der Isentropenexponent,  $p$  der Druck,  $t$  die Abgastemperatur,  $c_{20}$  die Schallgeschwindigkeit bei 20°C und  $\rho$  die Dichte des Abgases ist. Geht man bspw. davon aus, daß

$$p \approx 1 \text{ bar } \rho = 1,2 \text{ Kg/m}^3 \\ t = 150^\circ\text{C}, f = 50 \text{ Hz und } c_{20} = 285 \text{ m/s}$$

beträgt, dann ergibt sich eine Wellenlänge  $\lambda$  von etwa 8,4 m. Der oben genannte Differenzbetrag  $\Delta l$  muß bei diesem Beispiel also ca. 4,2 m betragen. Bei zunehmender Frequenz wird  $\lambda/4$  kleiner.

Der in Fig. 1 und 2 dargestellte Schalldämpfer ist u-förmig ausgebildet und weist zwei Schenkel 7, 8 mit jeweils einer Anschlußstelle 4, 5 auf, die über das Bypassrohr 6 miteinander verbunden sind. Dabei ist vorteilhaft vorgesehen, daß das Rohr 1 des Schalldämpfers ungefähr den gleichen Querschnitt wie das Bypassrohr 6 aufweist, denn auf diese Weise werden zwei im wesentlichen gleich große Volumenströme zusammengeführt, wodurch die Schalldämpfung weiter optimiert wird.

Die Fig. 3 und 4 zeigen den Schalldämpfer gemäß Fig. 1, allerdings um eine posaunenartige Rohrlängenverstellung 15 erweitert, mit deren Hilfe der Schalldämpfer besonders gut an den tatsächlichen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors anpaßbar ist. – Je nach konstruktiver Gestaltung des Schalldämpfers ist natürlich auch ein längenverstellbares Bypassrohr 6 zur Anpassung an den Betriebspunkt geeignet.

In Fig. 5 ist eine mögliche Ausführungsform des zuvor erläuterten längenveränderlichen Rohres dargestellt. Dabei besteht das Rohr 15 aus zwei ineinander geschobenen Einzelrohren 9, 10, deren Durchmesser nur geringfügig voneinander abweicht. Das äußere Rohr 9 weist ein Außengewinde 11 auf, auf das eine Überwurfmutter 12 aufgeschraubt ist, die wiederum an ihrem einen Ende ein zum Außengewinde 11 passendes Innengewinde 13 aufweist und an ihrem anderen Ende durchmessergleich zum inneren Rohr 10 ausgebildet ist. Zwischen dem Rohrende des äußeren Rohres 9 und der Überwurfmutter 12 ist eine mit dem inneren Rohr 10 in Kontakt stehende Dichtung 14 angeordnet, die beim Festziehen der Überwurfmutter neben ihrer Dichtfunktion auch gleichzeitig die beiden Einzelrohre zueinander in axialer Richtung fixiert.

Um nicht nur die Lärmbelästigung durch den tieffrequenten Einzelton, sondern auch das höherfrequente und breitbandige Rauschen zu reduzieren ist ferner, wie bereits erwähnt, vorgesehen, den (Interferenz-)Schalldämpfer mit einem an sich bekannten Reflexions- oder Absorptionsschalldämpfer zu kombinieren, was aber, da ohne weiteres vorstellbar, nicht besonders dargestellt ist.

Enthält das Spektrum weitere tieffrequente tonale Anteile, wie z. B. den 1. Oberton der Zündfrequenz des Verbrennungsmotors, so kann diese nach dem gleichen Prinzip durch eine in Reihe geschaltete zweite Stufe des Interferenzschalldämpfers gedämpft werden.

Bezüglich der bevorzugten Ausführungsform wird auf Fig. 6 verwiesen, die im Vergleich zum vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel die elegantere, uniaxiale Bauweise des Schalldämpfers verdeutlicht.

Bei dieser Ausführungsform ist das Rohr 1 mit Perforationen 4' bzw. Löchern, wie bspw. dargestellt, im etwa hälftigen, abströmseitigen Teil T seiner Länge L versehen. Außerdem enthält dieses Rohr 1 eine beidseitig offene Schiebehülse 16, die etwa mittig mit jeweils einem Teil der Perforationslöcher zum Fluchten bringbare Rückströmöffnungen 5' aufweist. Ferner ist das Rohr 1 mit Abstand mit einem an seinen Enden nach außen abgeschlossenen Außenrohr 17 umgeben, das mit dem Rohr 1 den Bypass 6 zwischen einer zuströmseitigen Abgasteilströmöffnung 2' des Rohres 1 und den Rückströmöffnungen 5' der Schiebehülse 16 begrenzt, in welche Rückströmöffnungen 5' und damit in die Schiebehülse 16 der außengeführte Abgasteilstrom nach Passage der jeweils fluchtend stehenden Perforationslöcher gelangt und sich dort mit dem die Schiebehülse direkt axial passierenden Abgasstrom wieder vereinigt.

Um die erforderliche Bypasslänge zu verwirklichen, ist im ringzylindrischen Raum 18 zwischen den beiden Rohren 1 und 17 ein strömungsführender Bypassschneckengang 19 angeordnet. Um ferner eine ausreichende Fluchtung zwischen den Perforationslöchern im Rohr 1 und den Rückströmöffnungen 5' in der Schiebehülse 16 sicherzustellen, sind diese Rückströmöffnungen 5' vorteilhaft in Form von sich im wesentlichen in axialer Richtung erstreckender Langlöcher, wie bspw. dargestellt, ausgebildet.

Für die Position der Schiebehülse 16 im Rohr 1 ist natürlich auch hier wieder wesentlich, daß gerade wieder eine Wegdifferenz von einer halben Wellenlänge entsteht. Die Mittel zur Einstellung und Fixierung der Schiebehülse 17 in ihrer Dämpfungsposition sind nicht besonders dargestellt, da sich dafür und wie ohne weiteres vorstellbar die unterschiedlichsten konstruktiven Möglichkeiten bieten.

- 5 Zur Vorstellungserleichterung bzgl. der stark schematisierten Darstellung in Fig. 6 sei nur vorsorglich darauf hingewiesen, daß sich die Perforationslöcher 4', wie erwähnt, im stationären Rohr 1 befinden und die Rückströmöffnungen 5' in der axial im Rohr 1 verstellbaren Schiebehülse 16, bei deren Verstellung nach rechts in Fig. 6 sich die Bypasslänge entsprechend vergrößert.

10

#### Patentansprüche

1. Schalldämpfer für mit konstanter Drehzahl laufende Verbrennungsmotoren, deren schallzudämpfendes Abgas auch tieffrequente Schallanteile einer im wesentlichen konstanten Wellenlänge ( $\lambda$ ) aufweist, insbesondere zur Schalldämpfung bei dezentralen Blockheizkraftwerken, **dadurch gekennzeichnet**,  
 15 daß der Schalldämpfer aus einem Rohr (1) mit einer Abgasein- (2) und einer Abgasaustrittsöffnung (3) besteht, wobei zwischen diesen beiden Öffnungen (2, 3) im Rohrverlauf zwei Anschlußstellen (4, 5) angeordnet sind, die über einen Bypass (6) miteinander verbunden sind, und  
 daß der Differenzbetrag zwischen der Bypass- und der Rohrlänge zwischen den beiden Anschlußstellen (4, 5) gerade einem ungeradzahligem Vielfachen der halben Wellenlänge ( $\lambda$ ) des zu dämpfenden Abgasschalls entspricht.
2. Schalldämpfer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (1) des Schalldämpfers einen Querschnitt aufweist, der dem des Bypasses (6) entspricht.
3. Schalldämpfer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (1) des Schalldämpfers u-förmig ausgebildet ist und zwei Schenkel (7, 8) mit jeweils einer Anschlußstelle (4, 5) aufweist, die durch den Bypass (6) miteinander verbunden sind.
4. Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohrlänge zwischen den beiden Anschlußstellen (4, 5) mittels eines teleskopartigen Rohres (15) einstellbar ist.
5. Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bypasslänge mittels eines teleskopartig ausgebildeten Bypassrohres (16) einstellbar ist.
6. Schalldämpfer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das teleskopartig ausgebildete Rohr (15, 16) aus  
 30 zwei ineinander geschobenen Einzelrohren (9, 10) besteht, wobei das äußere Rohr (9) ein Außengewinde (11) aufweist, auf das eine Überwurfmutter (12) aufgeschraubt ist, die an ihrem einen Ende ein zum Außengewinde (11) passendes Innengewinde (13) aufweist und an ihrem anderen Ende durchmessergleich zum inneren Rohr (10) ausgebildet ist, wobei zwischen dem Rohrende des äußeren Rohres (9) und der Überwurfmutter (12) eine auch mit dem inneren Rohr (10) in Kontakt stehende Dichtung (14) angeordnet ist.
7. Schalldämpfer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (1) mit Perforationen (4') im etwa hälftigen, abströmseitigen Teil (T) seiner Länge (L) versehen ist und eine beidseitig offene Schiebehülse (16) enthält, die etwa mittig mit jeweils einem Teil der Perforationen (4') zum Fluchten bringbare Rückströmöffnungen (5') aufweist, und daß das Rohr (1) in einem an seinen beiden Enden (17) nach außen abgeschlossenen Außenrohr (17) angeordnet ist, das mit dem Rohr (1) den Bypass (6) zwischen einer zuströmseitigen Abgasteilstromöffnung (2') des Rohres (1) und den Rückströmöffnungen (5') der Schiebehülse (16) umgibt.
8. Schalldämpfer nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß im ringzylindrischen Raum (18) zwischen den beiden Rohren (1 und 17) ein strömungsführender Bypass-Schneckengang (19) angeordnet ist.
9. Schalldämpfer nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückströmöffnungen (5') in der Schiebehülse (16) in Form von sich im wesentlichen in Achsrichtung erstreckenden Längslöchern ausgebildet sind.
10. Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Schalldämpfer in Kombination mit einem an sich bekannten Absorptions- oder Reflexionsschalldämpfer verwendet wird.

35

40

45

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

50

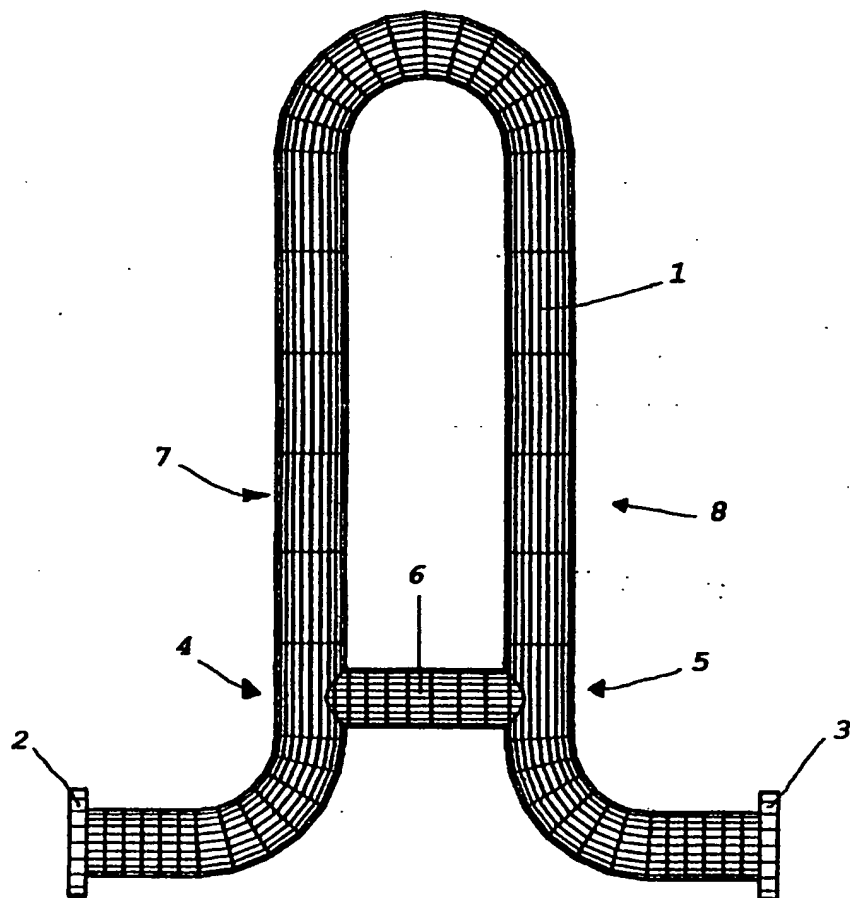
55

60

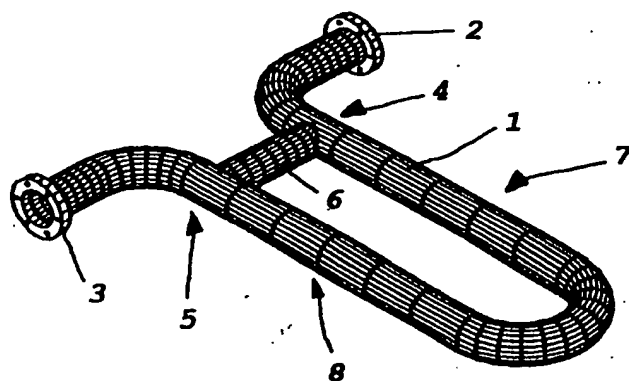
65

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**Fig. 1**



**Fig. 2**



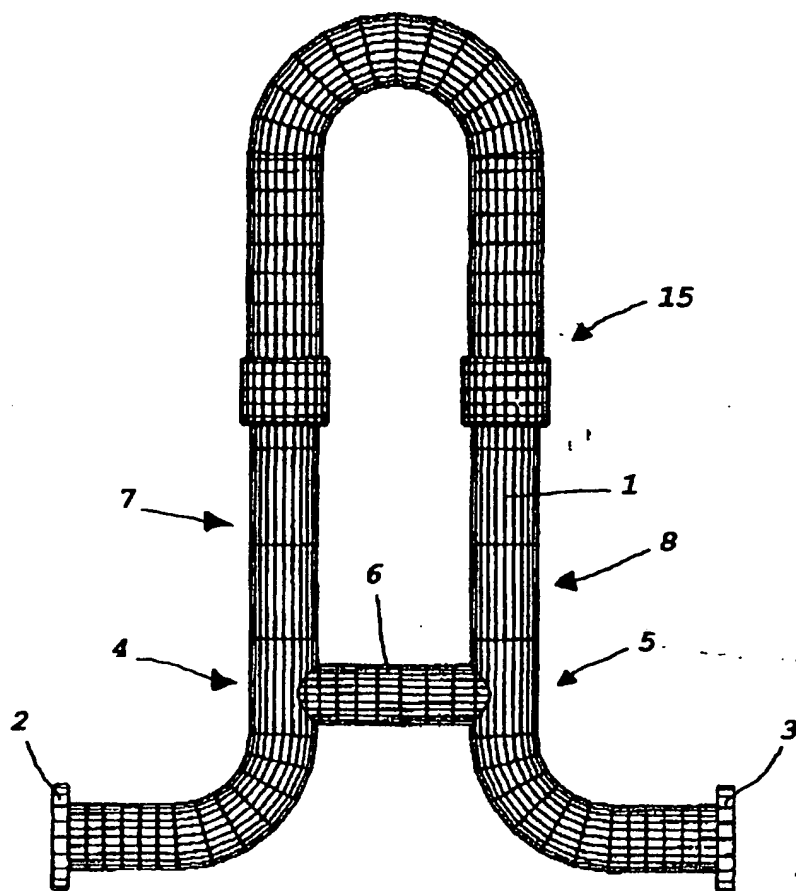


Fig. 3

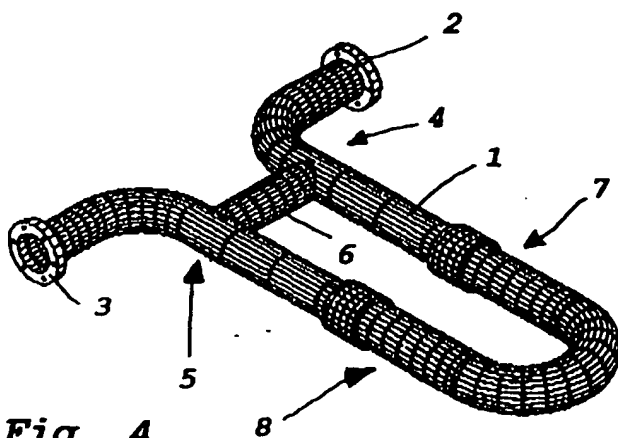


Fig. 4

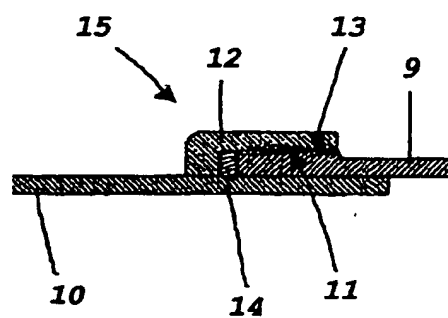


Fig. 5

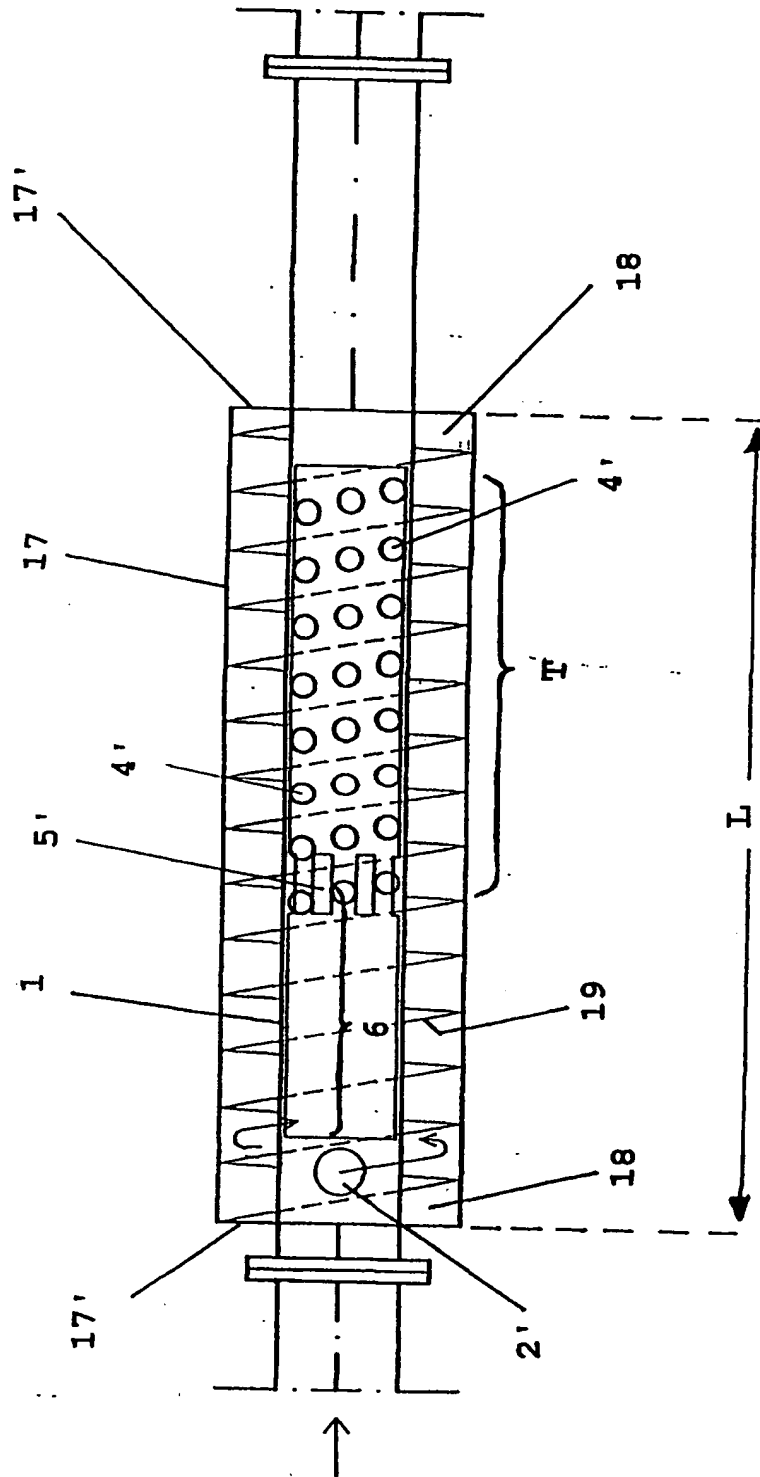


Fig. 6